



(特許法第30条第1項の規定
の適用を受けようとする
特許出願)

特許法第38条ただし書の
規定による特許出願

① 日本国特許庁

公開特許公報

特 許 願

50.2.21

(2,000円)

昭和 年 月 日

特許庁長官 斎藤英雄 殿

1. 発明の名称

水晶振動子

2. 特許請求の範囲に記載された発明の数 2

3. 発明者

特許出願人に同じ

4. 特許出願人

東京都世田谷区太子堂4丁目9番7号

尾上守夫

特許 11

50.2.22

出願第 11 号

長崎県

方式

特許庁
印

5. 代理人

住所 東京都港区芝西久保桜川町2番地 第17森ビル
〒105 電話 03(502)3181 (大代表)

氏名 (5847) 弁護士 鈴江武 商標登録
50 021540 (ほか 4 件)

① 特開昭 51-97394

④ 公開日 昭51. (1976) 8.26

② 特願昭 50-21440

② 出願日 昭50. (1975) 2.21

審査請求 有 (全7頁)

庁内整理番号

612444

⑤ 日本分類

100 B1

⑤ Int. Cl?

H03H 9/14

明 細 書

1. 発明の名称

水晶振動子

2. 特許請求の範囲

(1) 水晶片のX軸に長さを設定し、主表面をその法線が上記X軸に垂直でY軸からZ軸の方向に $84^{\circ}45'$ ないし $85^{\circ}20'$ 傾斜した平行平面に形成し、側面を上記主表面の法線からさらにZ軸の方向へ 2° ないし 16° 傾斜させてなる水晶振動子。

(2) 特許請求の範囲(1)項記載の振動子を長さ方向の一端を支持してなる水晶振動子。

3. 発明の詳細な説明

この発明は厚みすべり振動を行う周波数温度特性の良好な水晶振動子に関する。

一般に高周波で使用する水晶振動子は薄板状でその振動形態として共振周波数が厚みに反比例するような厚み振動を利用している。ところで板面が厚みに比して十分広く、変位が主板面に平行な厚み振動、すなわち厚みすべり振動を

行う振動子については理論的にもよく解明されており、多くの圧電結晶、圧電セラミックス等に対して実用装置を容易に設計し製作することができる。特に圧電セラミックスのような等方性弾性体の厚みすべり振動では、振動による変位に平行な面、すなわち振動子の側面に応力は作用しないのでその辺比(w/t)、すなわち振動子の幅 w と厚み t との比を比較的任意に設定することができる。したがって共振周波数の低い、つまり厚み t の厚い振動子であつても、その辺比(w/t)を小さくすることにより、全体の寸法を小型にすることができる。

従来このような等方性弾性体の振動特性から類推して第1図に示すような異方性弾性体の振動子、たとえば水晶振動子が用いられている。第1図において1は回転Y板からなる水晶素片でその長さ l は結晶のX軸方向に設定し、共振周波数を決定する厚み t は、たとえばAT板ではその主表面の法線が結晶のX軸に垂直でY軸からZ軸方向へ約 85° 、Y面の法線に対してY

軸方向へ約 8° 傾けて設定し、幅 w は上記長さ方向、および厚み方向に直角に設定している。そして、上記厚み方向に垂直な面、すなわち主表面にそれぞれ電極2を設け、この電極2にそれぞれ引出線3を接続している。このようにすれば引出線3を介して水晶素片1に高周波電圧を印加して厚みすべり振動を励振することができる。この場合上記振動による水晶素片1の変位は長さ方向に平行であるから前述の等方性弾性体の厚みすべり振動特性から類推すれば所定の厚みすべり振動特性を維持しつつ上記変位に平行な側面の間隔、すなわち幅 w を任意に設定し得るはずである。しかしながらこのような水晶振動子は幅 w が比較的大なる範囲ではそれを変化させても振動特性に影響はないが、更に小型化して幅 w を厚み t と同じ程度にすると、厚み t に比して板面が十分広いという厚みすべり振動の前提が崩れてその振動特性が変化します不要振動の散と強さが増すという問題がある。

一方、AT板の振動子の周波数温度特性は第

8

(w/t) 辺断角度を調整すると辺比(w/t)に対する周波数温度特性が敏感になり、また辺比(w/t)を変化させることによつて周波数も変化するために製作が困難になるという問題がある。

このような問題の原因を探索した結果、水晶の弾性係数 C'_{56} （座標軸を第1図に示すように設定する）がセラミックスのような等方性圧電体と異なつて零ではないために目的とする厚みすべり振動に幅方向の輪廓すべり振動が結合しているためであることが判明した。すなわち水晶振動子においては上記弾性係数 C'_{56} が零ではないので境界条件を介して厚みすべり振動と、輪廓すべり振動とが結合して振動子の側面における表面自由の境界条件を厚みすべり振動単独で満足させることができないためである。

ところで弾性振動理論によれば厚みすべり振動のみで境界条件を満足させることができる側面の傾き角 α は次に示す(1)式で与えられる。

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{C'_{56}}{C'_{66}} \dots\dots\dots (1)$$

5

2図に示すように8次曲線状であり、変曲点温度 T 。およびその点における温度係数（微係数 T_0 ）は板面が十分広いときは厚み t の方向が Z 軸となす切断角度によつてほとんど定まり、周辺寸法にはあまり影響されない。しかして一般に広い温度範囲において良好な周波数温度特性を得るためには変曲点温度 T 。における温度係数（微係数 T_0 ）を零にするか、あるいはわずかに負値にするのが通常の手法でこのような温度係数を零温度係数と略称している。ところが振動子の幅 w を狭くすると微係数 T_0 が変動し、零温度係数を示さなくなるがこのような振動子の辺比(w/t)および辺断角度を調整することにより再び零温度係数にすることができる。しかしながらこのように辺比(w/t)および辺断角度を調整すると変曲点温度 T 。が変動し、たとえば主面が十分広い振動子で変曲点温度 T 。が 25°C のものをもその辺比(w/t)を8にすると変曲点温度は 40°C 程度になり常温において使用するためには不適当になる。さらにこのように辺比

4

この(1)式を計算すると側面の傾き角 α は約 5° になるが、弾性係数は温度によつて変化するため上記計算値は目安にすぎず、さらに水晶素片の切断角度によつてその境界条件を満足する側面の傾き角 α も変化する。

この発明は上記の事情に鑑みてなされたもので周波数温度特性が安定で製造が容易であり、それによつて小型化することができる水晶振動子を提供することを目的とするものである。

この発明は水晶振動子の切断角度と、側面の傾け角および周波数温度特性との関係に基づいてなされたもので水晶片の X 軸に長さを設定し、主表面を、その法線が上記 X 軸に垂直で Y 軸から Z 軸の方向に $84^\circ45' \sim 85^\circ20'$ 傾斜する平行平面に形成し、側面を上記主表面の法線からさらに Z 軸の方向へ $2^\circ \sim 16^\circ$ 傾斜させたこと、およびこの振動子の長さ方向の一端を支持するようにしたことを特徴とするものである。

以下この発明において圧電振動子の切断角および側面の傾斜角を規定した理由について説明

6

する。第8図は辺比(w/t)、すなわち幅 w と厚み t との比を6に形成し、長さ方向を結晶のX軸に設定した水晶振動子の切断角度 θ と側面の傾け角 α との関係について0℃～60℃の温度で周波数温度特性を測定した結果を示すグラフである。このグラフから明らかなように実用上満足し得る0℃～60℃の温度範囲において周波数温度特性を±80 ppm以下にするためには切断角度を $84^{\circ}45' \sim 85^{\circ}20'$ とし、また側面の傾け角を $2^{\circ} \sim 16^{\circ}$ とすればよい。第4図は切断角度 $85^{\circ}09'$ 、辺比(w/t)6の水晶振動子の側面の傾き角が $15^{\circ}, 10^{\circ}, 5^{\circ}$ 、および側面を垂直にしたものについて周波数温度特性を示すものである。このグラフからも明らかなように側面を $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 傾けることにより変曲点における温度係数は若干負になるが全体としての周波数変動が少なくなっている。第5図はこの発明による水晶振動子を示す図で第5図aは斜視図、第5図bは正面図である。第5図a、bにおいて振動子101の長さ l の方向を結晶のX軸方

7

傾けた振動子を実線、従来の側面が垂直の振動子を破線で示している。このグラフからも明らかなように従来の振動子では辺比(w/t)を小さくするとともに、変曲点温度 T_c が高くなり、さらに辺比(w/t)をわずかに変化させると温度係数 T_c が大きく変化するのに比して、この発明の振動子では辺比(w/t)を変化させても変曲点温度 T_c は略一定であり、またそれによる温度係数 T_c の変化も少ない。なお、従来不発振の抑圧、保持の容易さのためにベベル加工、コンベックス加工などが行なわれている。これらは本発明の主な領域であるような辺比が小さい場合に適用した例は少ないが、あえて適用すれば第8図a、b、cのようになる。第8図aはベベル加工、同図bは片面コンベックス、同図cは両面コンベックス加工を施した振動子101をそれぞれ示す斜視図であるがこれらの断面は本発明の平行四辺形断面と根本的に異なるものである。

ところで振動子の形状を小型化するためには

9

特開昭51-97394(3)

向へ設定し、また平行平面に形成した主面Y、Z面内でY軸からZ軸の方向へ $84^{\circ}45' \sim 85^{\circ}20'$ の範囲に設定し、側面の傾き角を更にZ軸の方向へ $2^{\circ} \sim 16^{\circ}$ 傾斜するようにしている。第5図bにおいてr及びRで示される線は水晶の自然面でありrはマイナーロソドヘドラル面、Rはメジャーロソドヘドラル面である。従つて振動子101の主表面の法線はr面の法線より、Y、Z面内においてY軸の方向へ約 8° 傾いている。

そして102は主面に添設した電極、103はリード線である。第6図は辺比(w/t)6、切断角度 $85^{\circ}15'$ とした水晶振動子の側面の傾き角度 α と周波数温度係数 $\theta(\frac{df}{f})/dT$ との関係を示すグラフである。このグラフからも明らかなように側面の傾き角度 α が 5° 附近では周波数温度係数が小さく、このように側面の傾け角 α に対する許容誤差が大きいので製造が容易である。さらに第7図a、bは辺比(w/t)と変曲点温度 T_c および変曲点温度 T_c における温度係数 T_c との関係を示すグラフでこの発明の側面を

8

その長さ方向の寸法も小さくする必要があるが、単に寸法を短くすると、振動エネルギーが振動子の両側に逃げるために保持が困難になり、不発振等が発生しやすくなる。これを避けるためには振動を短冊状の中央にとじ込める必要があり、そのために前記ベベル加工、コンベックス加工を振動子の長手方向に施すと効果的である。第9図a、b、cは長手方向にベベル加工を施した振動子を示す図で同図aは正面図、bは平面図、cは側面図である。また第10図a、b、cは長手方向にコンベックス加工を施した振動子を示す図で同図aは正面図、bは平面図、cは側面図である。なお、このように長手方向にベベル加工、コンベックス加工等を施した振動子を生産する場合は第11図aに平面図、bに正面図、cに側面図を示すように長手方向に所望の加工を施した幅広の板を作製し、この板を所定の角度で長さ方向に切断すれば容易に大量生産することができる。

また、振動子の中央部に振動を閉じ込める他

10

の方法として電極によるエネルギー閉じ込め効果を利用する方法があるが、たとえばこの発明の側面を傾けた振動子に膜厚の厚い電極を添設して、その質量負荷効果および圧電反作用によつて振動を電極の直下近傍に閉じ込めることができる。なお、振動子の中央部に振動を閉じ込めるためにベベル加工等の形状加工と電極によるエネルギー閉じ込め効果とを併用するようにしてもよい。このように振動を閉じ込めた振動子は、長手方向の両端を保持しても特性に格別の影響がないので第12図に示すように振動子の両端部を支持することができる。第12図において201は側面を傾けた水晶振動子素片、202は上側電極、203は下側電極、204、205は上・下側電極202、203の引出部でそれぞれ蒸着、メッキスパッタ等によつて取着している。そして206、207は保持用金具でその一端を引出し部204、205に、他端を保持容器底板208に設けた気密端子209へそれぞれ半田、導電性接着剤等で接続している。

11

の容器を容器底板206にかぶせて容易に気密密封にすることができる。

なお、上記の実施例は振動子の主面に一对の電極板を添設した単一電極の振動子について説明したがこのようなものに限定されないのは勿論で、たとえば第14図に示すように水晶素片301の上面に分割した一对の電極302、303を添設し、下面に共通電極304を添設して8端子構造の振動子に適用することもできる。また15図に示すように、水晶素片401の上下面に相対向して8分割した電極402、403を添設し、この電極下に1個のエネルギーとじ込めモードをもつようにして多重モード共振器に適用することもできる。この場合電極対間の間隔を適当に狭くすればとじ込めモード間に結合が起り、所謂モノリシック・フィルタを構成することができる。

さらに第16図に示すように水晶素片501の上面あるいは下面のみに一对の電極502、503を添設し、この電極502、503間の

る。

またこの発明の振動子は小型化することができ、それによつて軽量なものにできるので第18図に示すように振動子の長手方向の一端を支持するようにもできる。第18図において201は振動子素片、202、203は電極、204、205は電極、202、203の引出部、206は容器底板、207、208は気密端子である。そして振動子素片201の長手方向の一端を半田、導電性接着剤等によつて底板206に取着している。電極の引出部204、205と気密端子207、208の外部側との間は気密を保持し、かつ導通するために蒸着、導電性接着剤等によつて導電性通路を設ける。また、振動子素片201を導電性接着剤によつて容器底板206に取着する場合は電極202、203の引出部204、205の間に絶縁膜を介挿し、あるいは引出部204、205と気密端子207、208とをリード線等によつて接続すればよい。なお上記容器底板206を円形にすれば円筒形

12

主面に平行な電界によつて圧電的に励振する平行電界励振の振動子に適用することもできる。

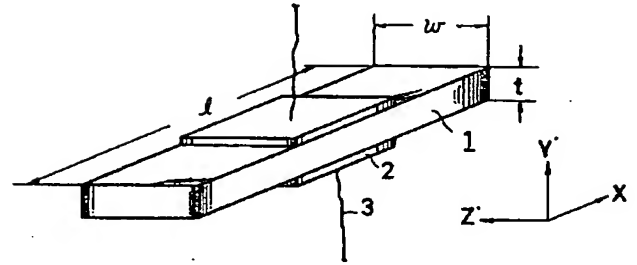
以上詳述したようにこの発明は水晶片のX軸に長さを設定し、主表面をその法線が上記X軸に垂直でY軸からZ軸の方向へ $84^{\circ}45'$ ないし $85^{\circ}20'$ 傾斜して平行平面に形成し、側面を上記主表面の法線からZ軸の方向へ 2° ないし 18° 傾斜させたもの、あるいはこの水晶片の長さ方向の一端を支持するようにしたものである。

したがつて、周波数温度特性が良好で小型化することができ、しかも容易に製作することができ大量生産に適する水晶振動子を提供できる。

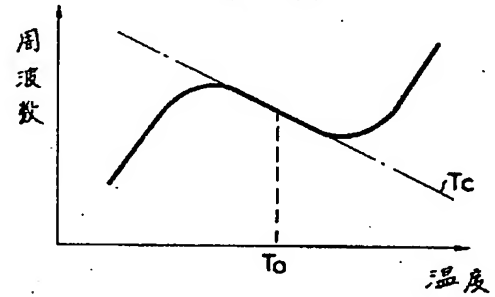
4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の水晶振動子を示す図、第2図は周波数温度特性を示すグラフ、第3図は周波数温度特性と振動子の切斷角度および側面の傾け角との関係を示すグラフ、第4図は振動子の側面の傾け角と周波数温度特性との関係を示すグラフ、第5図a、bはこの発明の水晶振動子を示す図で第5図aは斜視図、第5図bは正面

第 1 図



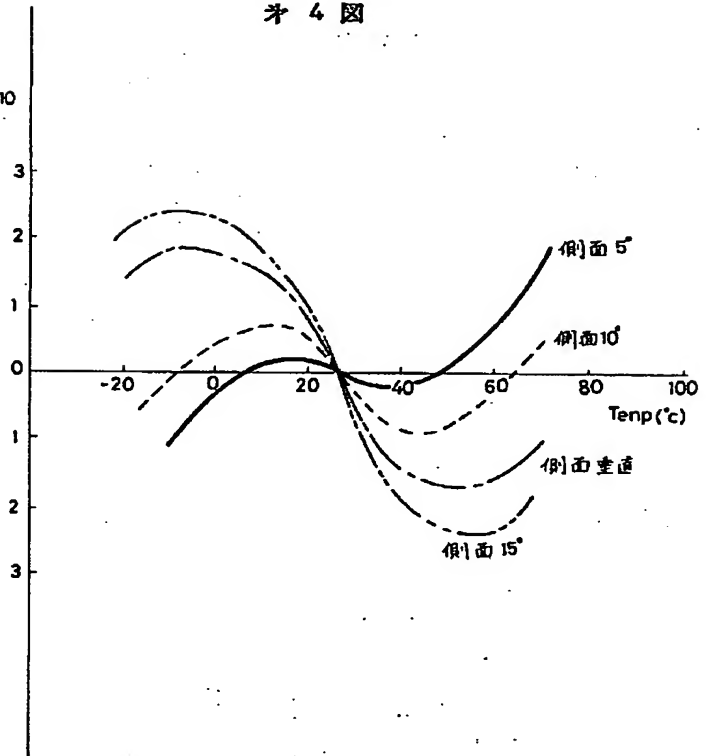
第 2 図



出版人代理人 弁理士 鈴 江 武 彦

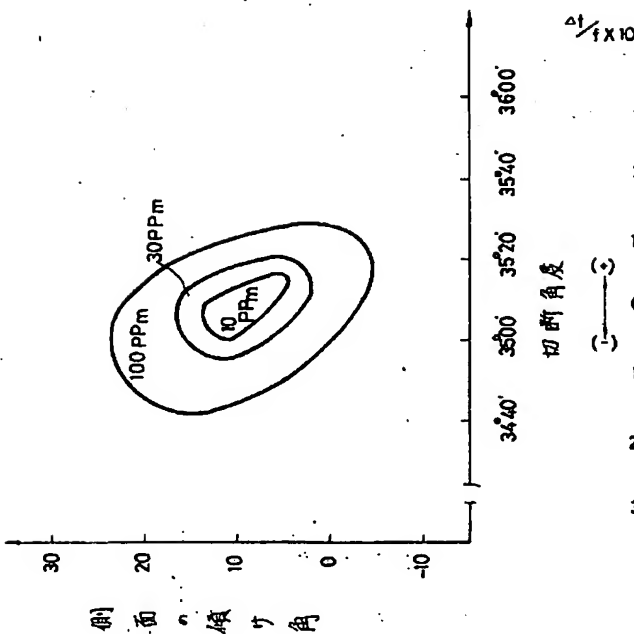
15

第 4 図

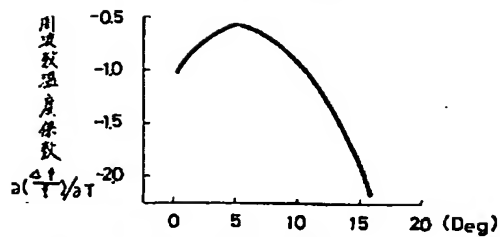


第 3 図

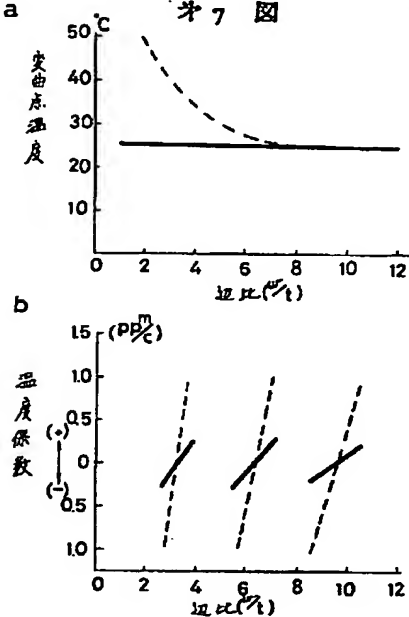
水晶



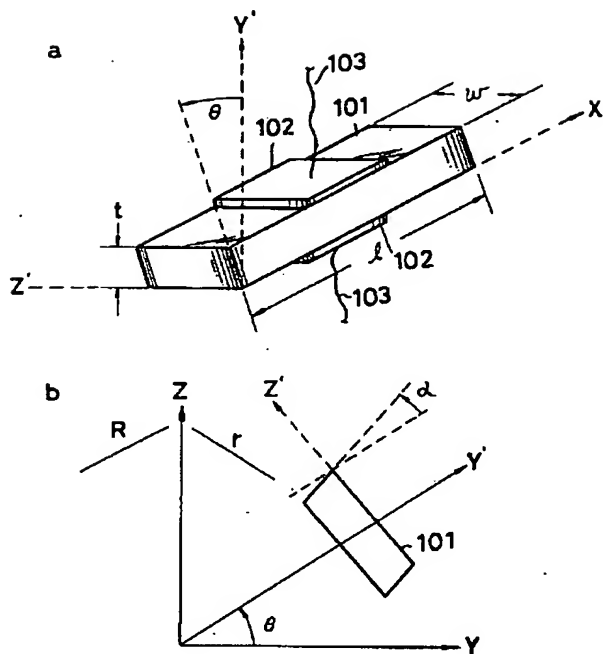
第 6 圖



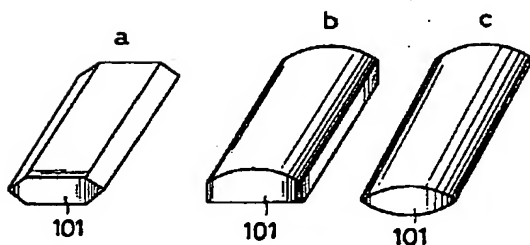
第 7 圖



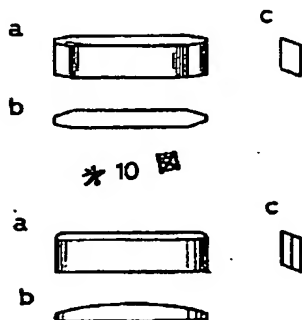
第 5 圖



第 8 圖

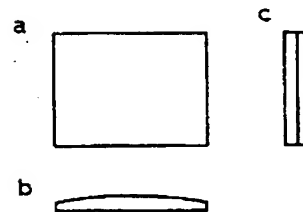


第 9 圖

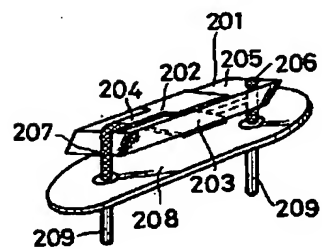


第 10 圖

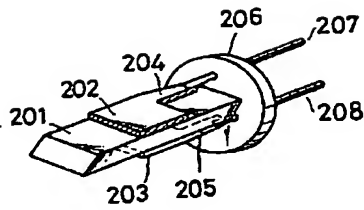
第 11 圖



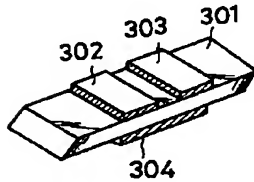
第 12 圖



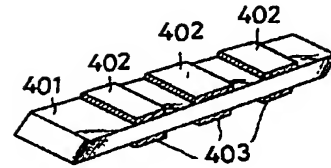
才 13 図



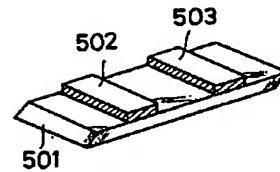
才 14 図



才 15 図



才 16 図



6. 添付書類の目録

- | | | |
|-----------|----|------------|
| (1) 委任状 | 1通 | |
| (2) 明細書 | 1通 | |
| (3) 図面 | 1通 | |
| (4) 願書副本 | 1通 | |
| (5) 審査請求書 | 1通 | (6) 証明者 1通 |

7. 前記以外の発明者、特許出願人または代理人

代理人

住所	東京都港区芝西久保横川町2番地 第17森ビル
氏名 (5743)	弁理士 三 木 武 雄
住所	同 所
氏名 (6694)	弁理士 小 宮 幸 一
住所	同 所
氏名 (6881)	弁理士 坪 井 淳
住所	同 所
氏名 (7043)	弁理士 河 井 将 次

証 明 願

昭和50年2月20日

社団法人 電 気 学 会

会 長 吉 山 博 吉 殿

東京都世田谷区太子堂4丁目9番7号

尾 上 守 夫

昭和49年12月13日開催の昭和49年度電気学会エレクトロメカニカル機能部品常設専門委員会において、尾上守夫、岡崎正喜により「側面を傾けた小型水晶振動子」に関する研究発表が添付文書をもつて行なわれ、添付文書（EM機能部品常設専門委員会資料）は昭和49年12月13日に発行されたことをご証明願います。

上 記 証 明 す る。

昭和50年2月20日

東京都千代田区有楽町1丁目12番1号

社団法人 電 気 学 会

会 長 吉 山 博 吉 殿